

图8

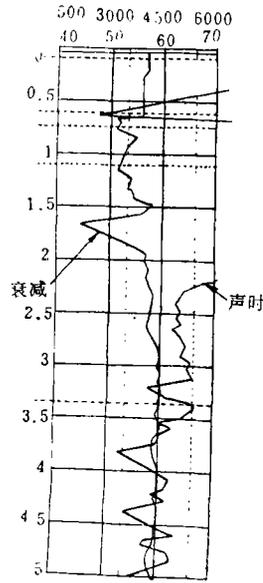


图9

# 水声图象换能器及水声图象处理

华明龙

(东南大学无线电工程系)

本文描述一种水声图象换能器的性能、结构、排列方式。同时也讨论了水声图象处理的过程，并提供了二维FFT数字图象变换的程序。

## 一、概 述

由于水的透光性能差，特别是海水混浊度大，所以水下光学成象距离近，通常只能1~2米，最多约10米。而水下图象显示的迫切性和重要性日益摆到议事日程上来。目前国外水声图象的迅速发展是水声学科中获得成就的一个重要分支<sup>[1]</sup>。由于声在水中的优良传播，所以它是水下图象显示的一个最可取的途径和方法。国外目前水声图象声呐

的工作距离比较可靠的是100~500米左右，频率为100~500KHz。前些年日产旁侧声呐曾经在长江进行过观察试验，图象是伪彩色处理的，当水下气泡少的情况下，工作是满意的，图象清晰，能见到长江堤岸的凹蚀情况和江底的沉船。如果使用拖曳式图象换能器，性能和效果将更为良好。

现代水声图象处理系统利用数字图象处理理论和计算机，使之成为易于实现的技术，系统方框图如图1所示。

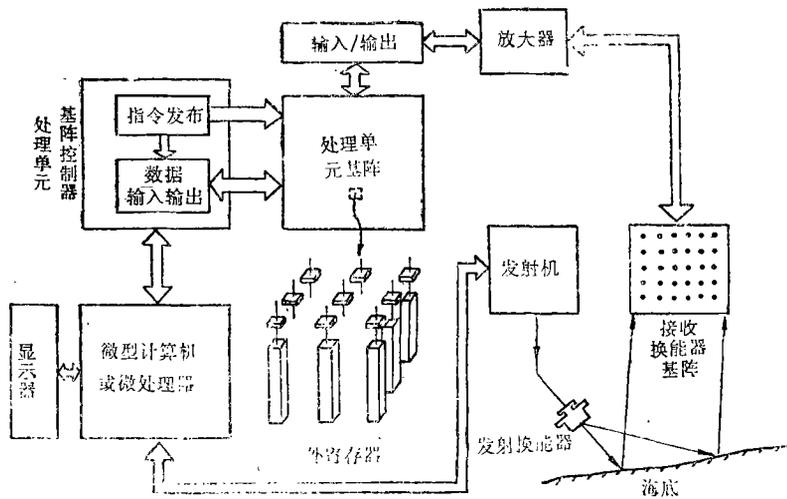


图1 现代水声图象处理方框图

## 二、水声图象换能器的研制

水声图象处理的头一个器件就是图象接收换能器阵，它相当于电视图象处理系统中的摄象机。在电视图象中，清晰的图象其象素数目在 $256 \times 256$ 个以上。象素愈多图象质量愈高。另一个指标是灰度级，代表每个象素所能反映的亮暗层次的级别数。灰度级愈多，图象的质量愈高。水声图象接收换能器阵的阵元代表图象的象素。由于接收换能器制造的工艺技术要求很高，所以做得很小的接收阵元相当困难，它要保证高的灵敏度和低噪声，又要保证低频特性好和宽频带，还要保证输出的电信号不被电缆电容旁路。所以图象接收换能器阵的制造技术是发展水声图象处理的关键之一。

本文所研制的图象接收换能器阵元尺寸直径和高度只有4毫米，输出信号的信噪比很高。在1平方米的孔径上约可排列 $200 \times 200$ 个阵元，基本上可赶上电视图象 $256 \times 256$ 象素的要求。如果灰度级设计在64级以上，水声图象的质量就可基本达到电视图象的质量。此时可选64K字第(8位)存贮容量的计算机<sup>[2]</sup>来存贮这些基元的灰度信息。

本文所研制的水声图象接收换能器阵元外形如图2所示。用这种阵元组成的接收换能器阵有两种典型排列方式：一种是方形阵另一种是同心圆环阵。方形阵是按直角坐标方式排列的点阵，对于电路处理(数字图象处理)是比较方便的，通常都采用这种简便的排列方式。同心圆环阵是按极坐标方式排列的，在显示图象质量上的一个优点是可基本消除寄生图象干扰现象；此外，图象中心比边缘有较好的图象分辨率。在原理上不能说有均匀的或有不均匀的分辨率哪一个更可取。这取决于设计师或用户的需要或对探测目标的要求。举例来说，普通照片及电视图象具有均匀的分辨率；而人眼，中心处的分辨率比远离中心处的要好。

图2还示出该阵元的接收灵敏度频响曲线。从图上可以看出在50KHz及120KHz附近有两个不太强的谐振区。如果利用这两个谐振区设计水声图象声呐，就符合水声频段要求，此频段内的声在水中传播时的衰减远比500KHz时低，所以作用距离将显著提高。该阵元的灵敏度虽然较低，但噪声很小，所以信噪比高，输出的信号清晰度较高。

图2所示阵元，在构成接收换能器阵时，还有微调相位的设计，以便改善阵的方向特

性，调节聚焦点，使图象更清晰。此外，用该种阵元组成的阵，也便于维修和调换阵元

不必因为某一阵元性能不好而使整个换能器阵报废。

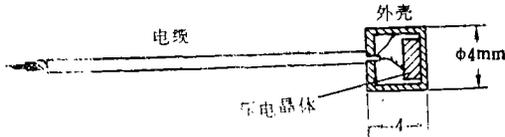
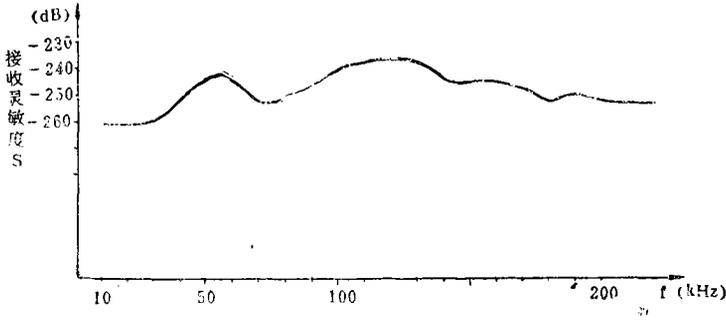


图2 水声图象接收换能器阵元结构及灵敏度

对应于接收阵元的灵敏度特性，图象发射换能器的谐振频率应设计在50KHz附近。发射换能器的结构如图3所示。其特点能发射大的声功率，压电晶片的散热性好，性能稳定，不易损坏。方向特性也比较较好。

### 三、水声图象前置放大器

水声图象前置放大器为直流耦合、集成电路，具有低噪声宽频带的优点。有两种大量输出，分别为 $10^3$ 和 $10^4$ 倍，可供选择。在0~200KHz 频率范围内放大量有平坦响应。具体电路系参考文献[5]设计的。

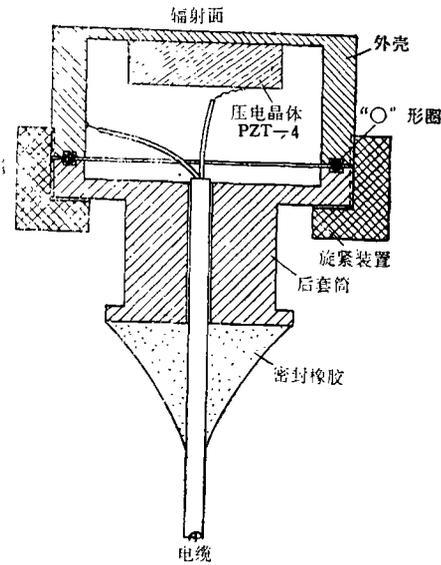


图3 水声图象发射换能器结构图

### 四、水声信号数字图象处理的过程

水声信号数字图象处理的过程大致设计为：接收阵将声信号转换为电信号，经前置放大器放大，检出射频包络方波，再A/D变换，量化(分别靠入相应标准的灰度级)，进行图象增强处理，FFT正变换，滤波，数字延时，伪彩色处理等等，再进行FFT逆变换，D/A变换，显象。〔2〕—〔4〕

其中二维FFT变换计算机程序如附表所示。程序是以 $16 \times 16$ 接收阵元为基础编写的。对于其它阵元数的阵在程序中只要改变

相应的阵元数。为了验算程序的正确性，曾经以阵中心处阵元。

$$f(x, y) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

为初始数据，进行FFT变换，所获得的频率分量 $F(u, v)$ 与参考文献[4]进行比较，结果为正确的。

### 参考文献

[1] H·F·哈默思等著，姬树森、郑德连译：“电子线路法声成象”。国防工业出版社，1983

- [2] R·C·Gonzalez, P·Wintz, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1977.
- [3] R·J·Offen, VLST Image Processing, Collins, London, 1985.
- [4] A·罗申菲尔特, A·C·卡克著, 余英林等译：“数字图象处理”。人民邮电出版社出版，1982年9月。
- [5] F·W·Hughes, Op Amp Handbook, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1981.

## 南海深海混响的测量

金国亮 李玉昕 杨颐华 李志宽 吴先鸿 刘立章

(中国科学院声学研究所)

我们在南海深海(海深3600)进行了混响强度的测量。使用炸药量为1公斤的定深爆炸源，以悬挂在不同深度上的无方向性水听器接收混响信号。本文给出了声源和接收器深度约为450米、200米、100米时的典型深海混响波形结构。从近程混响中可区分出体积、海面 and 海底混响，由此能估算出海面和海底的散射强度以及深海散射层的层强。文中给出了频率为500赫至16千赫范围内的海面散射强度与掠角的关系(掠角范围为9度至44度)以及频率为500赫至8千赫范围内的海底散射强度与掠角的关系(掠角范围为35度至75度)不同频段的散射强度的角度依赖关系有明显的差别，这与具体界面散射的机理有关。

### 一、引言

海中混响是由声信号在介质的不均匀性和界面不平整性上的散射所引起。通常这些散射可分为体积散射(包括深海散射层)，海面散射和海底散射三类。在深海有可能从接收到的混响信号中区分出这几类散射，从而能分别估算出体积，海面和海底的散射强

度[1]、[2]、[3]。这对进一步研究混响的衰减规律及介质的特性是很有必要的。1983年我们在南海海深为3600米的区域进行了混响强度的测量。对深海混响的典型波形结构作了具体的分析，并分别估算了海面和海底的散射强度。对于不同的频段，散射强度的角度依赖关系也不相同，这与具体界面散射的机理有关，对此我们作了初步的讨论。